

直流变频技术在空调领域的应用经验分享

宋树昆

目录

- 一、技术背景
- 二、结构组成
- 三、测试数据
- 四、测试结论
- 五、应用案例

一、背景

为什么采用变频技术？

- 空调行业大部分场景都是部分负荷，满载会存在大量浪费

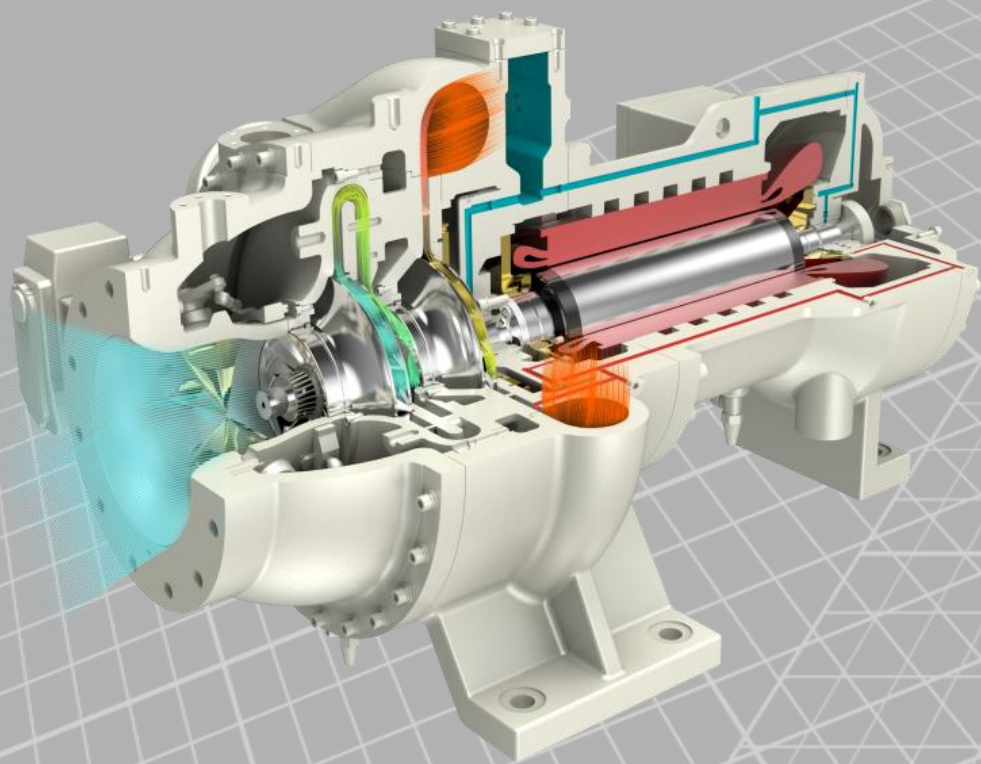
为什么采用直流变频技术？

- 基于节能空间
- 基于解决方案

与普通机组会有哪些不同？

- 压缩比（针对中温冷冻水/温湿度分离场景）
- 永磁同步电机&磁浮/气浮技术
- 直驱（电机发热低，转速可以更高）

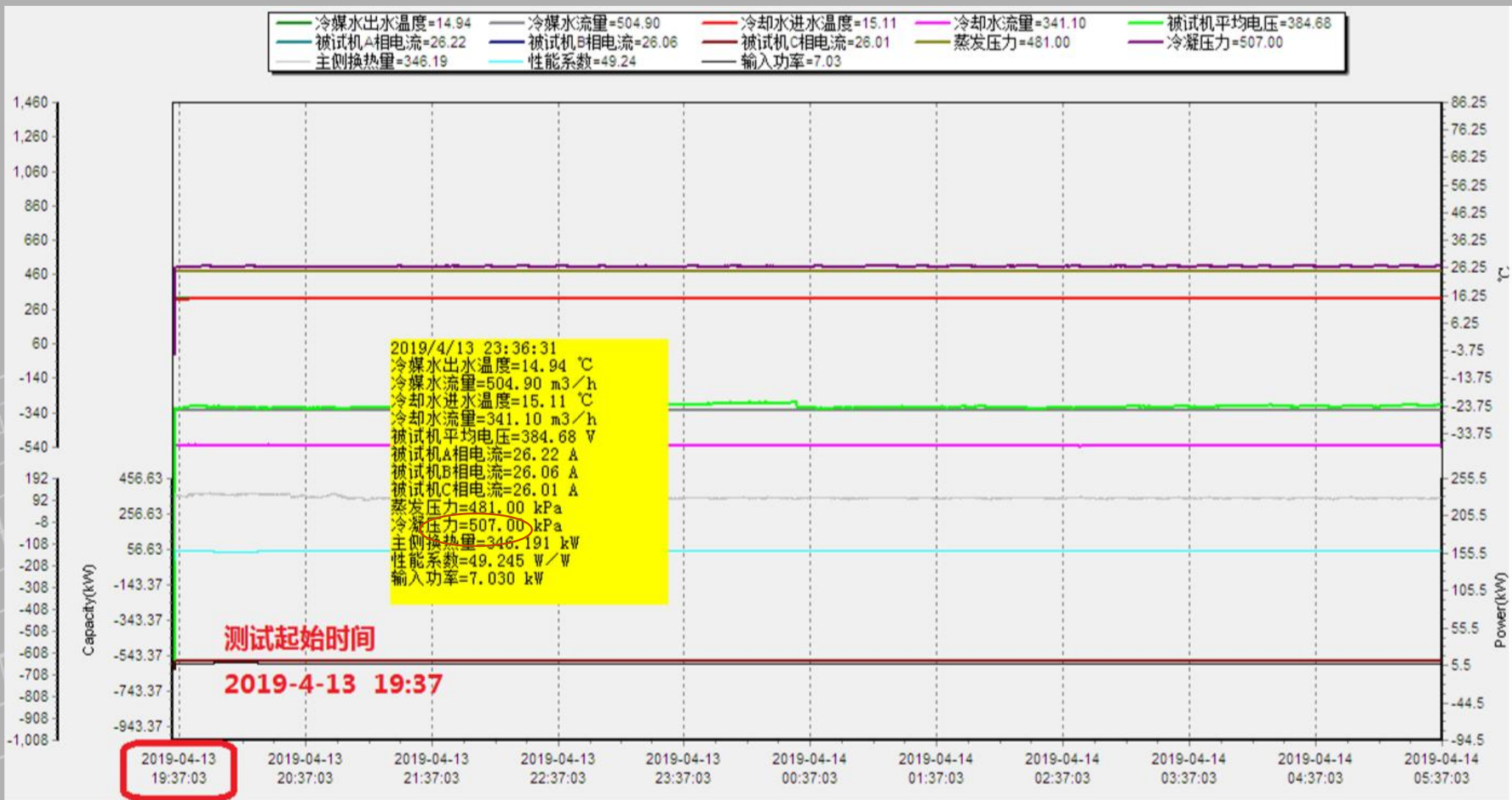
二、结构组成（直流变频器+永磁电机）



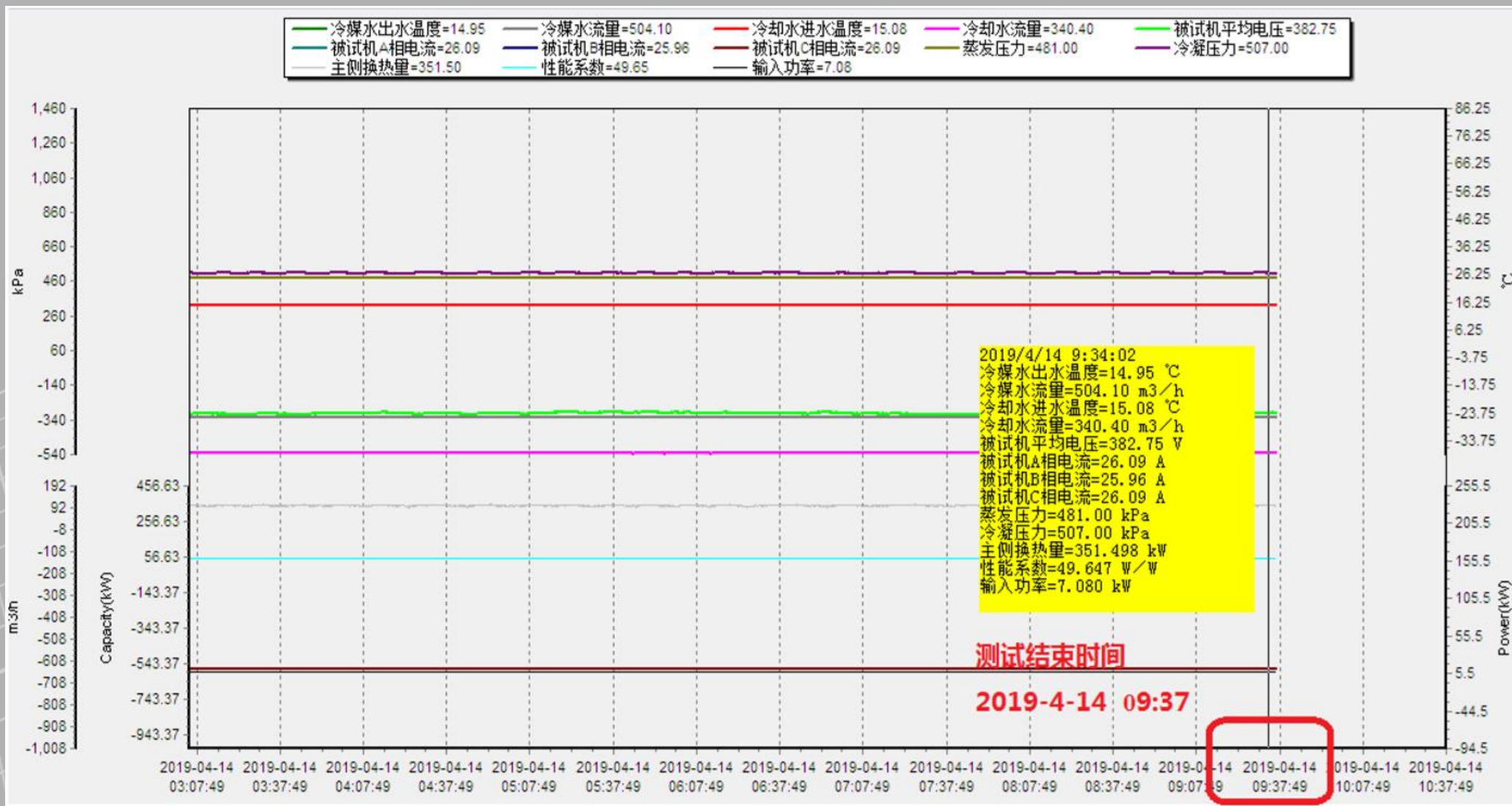
- 变频启动，启动电流小，小于额定电流；
- 功率因数高，最高可达0.998；
- 谐波干扰小，总谐波畸变率 $THD < 5\%$ ；
- **无需额外安装功率补偿装置与谐波滤波器。**

变频器类型	机载四象限变频器	交流变频器
变频技术	IGBT变频	二极管变频
功率因数	0.998	< 0.95
总谐波畸变率THD	$< 5\%$	$\geq 30\%$

三、测试数据



三、测试数据



三、测试数据

目击测试情况小结

性能试验:

设计工况 1: 21/15~32/37°C

项目	单位	标称数据	测试结果
制冷量	KW	3516	3548.4
制冷功率	KW	425.2	425.5
性能系数	W/W	8.270	8.338
冷水出水温度	°C	15.0	15.05
冷却进水温度	°C	32.0	31.99
冷水水流量	m³/h	505	505.31
冷却水水流量	m³/h	679	679.76

实测数据吻合软件选型报告

试验报告									
试验工况: 15-32°C-100%负荷					试验员:				
试验编号	LSBL1000SVT20190408500	申请单号	S1-PP201904-058885						
机器名称	离心式冷水机组	样品型号	LSBL1000SVT						
压缩机型号	L1SV1000	额定供冷量 (kW)	3518						
额定供热量 (kW)	/	额定供冷功率 (kW)	425						
额定供冷功率 (kW)	/	额定电压	380V 50Hz						
冲深/充注量 (kg)	R134a/950kg	节流装置	电子膨胀阀+节流孔板						
测试时间	2019/4/13 10:05:50	测试地点	九鼎1500RT						
测试工况	15-32°C-100%负荷	其他							
测试员									
冷却水出水温度	°C	15.000	冷却水流量	m³/h	505.000				
冷却水进水温度	°C	32.000	冷却水流量	m³/h	679.000				
数量/计算项目	物理单位	No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	平均值
室内热量	kW	3544.283	3544.571	3541.203	3549.055	3533.870	3535.707	3549.923	3548.359
室内冷热量	kW	3555.911	3553.672	3558.602	3553.174	3563.346	3566.724	3559.808	3558.797
压缩机功率	kW	+0.328	+0.256	-0.496	-0.116	-0.273	+0.310	+0.278	+0.294
性能系数	W/W	8.338	8.330	8.333	8.335	8.348	8.348	8.336	8.338
输入功率	kW	425.058	425.538	424.988	425.661	425.796	425.921	425.869	425.549
效率	%	100.80	100.81	100.72	100.94	101.07	101.13	100.96	100.92
功率	%	100.01	100.13	100.00	100.16	100.19	100.22	100.20	100.13
高压压力损失	kPa	75.636	75.602	76.074	76.122	76.051	75.637	75.788	75.843
低压压力损失	kPa	118.481	118.480	118.471	118.482	118.456	118.456	118.456	118.469
冷却水出水温度	°C	21.06	21.10	21.07	21.10	21.12	21.13	21.13	21.10
冷却水出水温度	°C	15.02	15.06	15.03	15.05	15.06	15.07	15.07	15.05
冷却水出水温度	°C	8.04	8.04	8.04	8.05	8.06	8.06	8.05	8.05
冷却水流量	m³/h	505.30	505.24	505.22	505.30	505.37	505.51	505.22	505.31
冷却水流量	m³/h	75.84	75.80	76.07	76.12	76.05	75.64	75.79	75.84
冷却水进水温度	°C	31.97	32.02	31.97	32.01	31.99	31.99	32.00	31.99
冷却水出水温度	°C	37.04	37.10	37.05	37.08	37.07	37.08	37.08	37.07
冷却水进水温度	°C	5.08	5.08	5.07	5.07	5.08	5.09	5.08	5.08
冷却水流量	m³/h	679.84	678.74	680.36	680.61	680.35	679.22	679.42	679.76
冷却水流量	kPa	118.48	118.48	118.47	118.48	118.46	118.46	118.46	118.47
冷却水温度	°C	28.02	27.97	27.99	28.03	27.98	27.99	28.01	28.00
测试机A相电压	V	220.73	220.67	220.05	220.31	220.05	219.95	219.48	220.17
测试机B相电压	V	220.44	220.44	219.79	220.12	219.86	219.78	219.26	219.95
测试机C相电压	V	222.87	222.89	222.29	222.57	222.33	222.28	221.86	222.44
测试机平均电压	V	383.38	383.35	382.27	382.77	382.33	382.20	381.39	382.02
测试机A相电流	A	638.83	639.53	640.50	640.73	641.56	641.99	643.28	640.94
测试机B相电流	A	647.59	648.33	649.44	649.47	650.43	650.88	652.18	649.78
测试机C相电流	A	642.89	643.72	644.68	644.89	645.89	646.34	647.71	645.18
功率因数	%	99.53	99.53	99.53	99.53	99.53	99.53	99.53	99.53
电压效率	%	49.99	49.99	49.97	49.97	49.96	49.96	49.96	49.97
输入功率	kW	425.06	425.53	424.99	425.66	425.80	425.92	425.87	425.55
高压压力	kPa	473.31	473.89	473.34	473.75	473.79	473.94	474.08	473.73
中压压力	kPa	859.02	860.28	858.95	860.36	859.74	860.00	860.33	859.82
吸气温度	°C	14.99	15.18	15.32	15.28	15.27	15.25	15.20	15.21
排气温度	°C	42.02	42.23	42.23	42.23	42.26	42.24	42.16	42.20
电机前	°C	33.79	34.15	34.24	33.87	33.88	34.09	34.19	34.03
电机中	°C	31.15	31.44	31.41	31.17	31.30	31.45	31.41	31.33
电机后	°C	42.49	43.45	43.83	42.76	42.42	43.07	43.69	43.12

目击测试情况小结

性能试验:

设计工况 1: 15°C出水, 定32°C冷却进水部分负荷试验

项目	单位	100%	80%	70%	50%	30%
制冷量	KW	3548.4	2815.1	2450.1	1788.4	1069.7
制冷功率	KW	425.5	332.2	288.3	222.0	162.3
性能系数	W/W	8.338	8.474	8.497	8.057	6.591
冷水出水温度	°C	15.05	15.08	15.09	15.06	15.03
冷却进水温度	°C	31.99	32.08	31.98	31.96	31.93



三、测试数据

目击测试情况小结

性能试验:

➢ 设计工况 2: 24/18~32/37°C

项目	单位	标称数据	测试结果
制冷量	KW	3516	3521.0
制冷功率	KW	359.9	361.0
性能系数	W/W	9.77	9.75
冷水出水温度	°C	18.0	18.01
冷却进水温度	°C	32.0	31.95
冷水水流量	m³/h	505	505.9
冷却水水流量	m³/h	667	670.9

实测数据吻合软件选型报告

试验报告									
试验工况: 18-32°C~100%负荷				试验员:					
试验编号	LSELI1000SVT20190408S18	申请单号	51-PF201904-058885						
机器名称	离心式冷水机组	样品型号	LSELI1000SVT						
压缩机型号	LTSV1000	额定供冷量 (kW)	3516						
额定供冷量 (kW)	/	额定供冷功率 (kW)	425						
额定供热量 (kW)	/	额定电源	380V 50Hz						
冲凉/充注量 (kg)	R134a/950kg	节流装置	电子膨胀阀-带液孔板						
测试时间	2019/4/14 11:16:32	测试地点	九期1500RT						
试验工况	18-32°C~100%负荷	其他							
制冷剂									
冷冻水出水温度	°C	18.000	冷冻水流量	m³/h	505.000				
冷却水进水温度	°C	32.000	冷却水流量	m³/h	667.000				
测量/计算项目	物理单位	No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	平均值
主冷热量	kW	3533.307	3523.813	3519.706	3520.727	3512.467	3517.653	3519.981	3521.019
辅冷热量	kW	3570.431	3543.256	3527.843	3550.336	3510.003	3524.961	3519.025	3534.009
主冷能效	W/W	-1.051	-0.552	-0.223	-0.840	0.070	-0.208	0.027	-0.369
性能系数	W/W	9.782	9.763	9.749	9.760	9.735	9.741	9.743	9.752
输入功率	kW	361.213	360.935	361.050	360.745	360.815	361.120	361.275	361.039
能力率	W/W	100.49	100.22	100.11	100.13	99.90	100.05	100.12	100.14
功率率	W/W	84.99	84.93	84.95	84.88	84.90	84.97	85.01	84.98
主冷压力供失	kPa	73.282	73.310	73.378	73.347	73.388	73.415	73.378	73.358
辅冷压力供失	kPa	119.300	119.392	119.425	119.330	119.373	119.435	119.437	119.389
冷冻水进水温度	°C	24.06	24.02	24.00	24.00	23.98	23.99	24.01	24.01
冷冻水出水温度	°C	18.04	18.01	18.00	17.99	17.99	17.99	18.01	18.01
冷冻水进出水温差	°C	6.02	6.01	6.00	6.01	5.99	6.00	6.00	6.00
冷冻水流量	m³/h	506.23	505.73	505.97	505.70	505.77	506.10	506.02	505.94
冷冻水压力	kPa	73.28	73.31	73.38	73.35	73.39	73.42	73.38	73.36
冷却水进水温度	°C	31.91	31.91	31.95	31.90	31.95	31.98	32.00	31.95
冷却水出水温度	°C	36.99	36.95	36.96	36.95	36.95	37.00	37.02	36.98
冷却水进出水温差	°C	5.08	5.04	5.01	5.06	5.00	5.02	5.01	5.03
冷却水流量	m³/h	670.90	671.50	671.82	670.02	670.42	671.40	670.63	670.94
冷却水压力	kPa	119.31	119.39	119.42	119.33	119.37	119.43	119.44	119.39
冷却水焓差	kJ/kg	27.29	27.27	27.25	27.26	27.23	27.25	27.29	27.26
测试机A相电压	V	220.60	220.61	220.59	220.54	220.07	219.98	219.98	220.33
测试机B相电压	V	220.58	220.54	220.49	220.41	219.95	219.88	219.81	220.21
测试机C相电压	V	222.50	222.47	222.35	222.34	221.96	221.90	221.90	222.18
测试机平均电压	V	383.17	383.14	383.02	382.94	382.22	382.11	381.96	382.60
测试机A相电流	A	543.60	543.03	543.68	543.03	544.23	544.81	545.21	544.03
测试机B相电流	A	550.36	550.58	550.40	550.08	551.41	552.08	552.57	551.17
测试机C相电流	A	548.99	548.19	548.79	548.72	547.84	548.29	548.77	547.44
功率因数	W	99.50	99.50	99.50	99.50	99.50	99.50	99.49	99.50
电源效率	W	49.97	49.99	49.96	49.97	49.97	49.96	49.96	49.97
输入功率	kW	361.21	360.94	361.05	360.75	360.82	361.12	361.28	361.04
蒸发压力	kPa	522.00	522.00	522.00	521.50	521.75	521.75	522.00	521.87
冷凝压力	kPa	959.00	959.50	959.50	959.00	961.00	960.25	960.67	959.90
排气温度	°C	17.72	17.72	17.75	17.71	17.70	17.70	17.70	17.71
排气温度	°C	41.52	41.53	41.53	41.50	41.52	41.52	41.53	41.52
电机前	°C	33.49	33.48	33.84	33.52	33.53	33.54	33.53	33.52
电机中	°C	31.10	31.12	31.14	31.14	31.16	31.16	31.17	31.14
电机后	°C	35.18	35.18	35.21	35.20	35.21	35.21	35.23	35.20

目击测试情况小结

性能试验:

➢ 设计工况 2: 18°C出水, 定32°C冷却进水部分负荷试验

项目	单位	100%	80%	70%	50%	30%
制冷量	KW	3521.0	2806.0	2466.1	1767.8	1074.5
制冷功率	KW	361.0	294.4	265.3	215.6	150.1
性能系数	W/W	9.752	9.531	9.296	8.198	7.158
冷水出水温度	°C	18.01	18.08	18.05	17.90	18.00
冷却进水温度	°C	31.95	32.04	32.02	31.83	32.02



三、测试数据

目击测试情况小结

可靠性试验:

➢ 高水温运行考核

项目	单位	15-35℃	18-35℃	20-35℃
制冷量	KW	3469.4	3497.4	3553.2
制冷功率	KW	474.235	417.452	382.979
性能系数	W/W	7.316	8.378	9.278
冷水出水温度	℃	15.09	18.04	19.95
冷却进水温度	℃	34.98	35.03	34.98

● 机组可在35℃高冷却水温下稳定运行，无喘振等异常现象

目击测试情况小结

可靠性试验:

➢ “零温差”运行考核

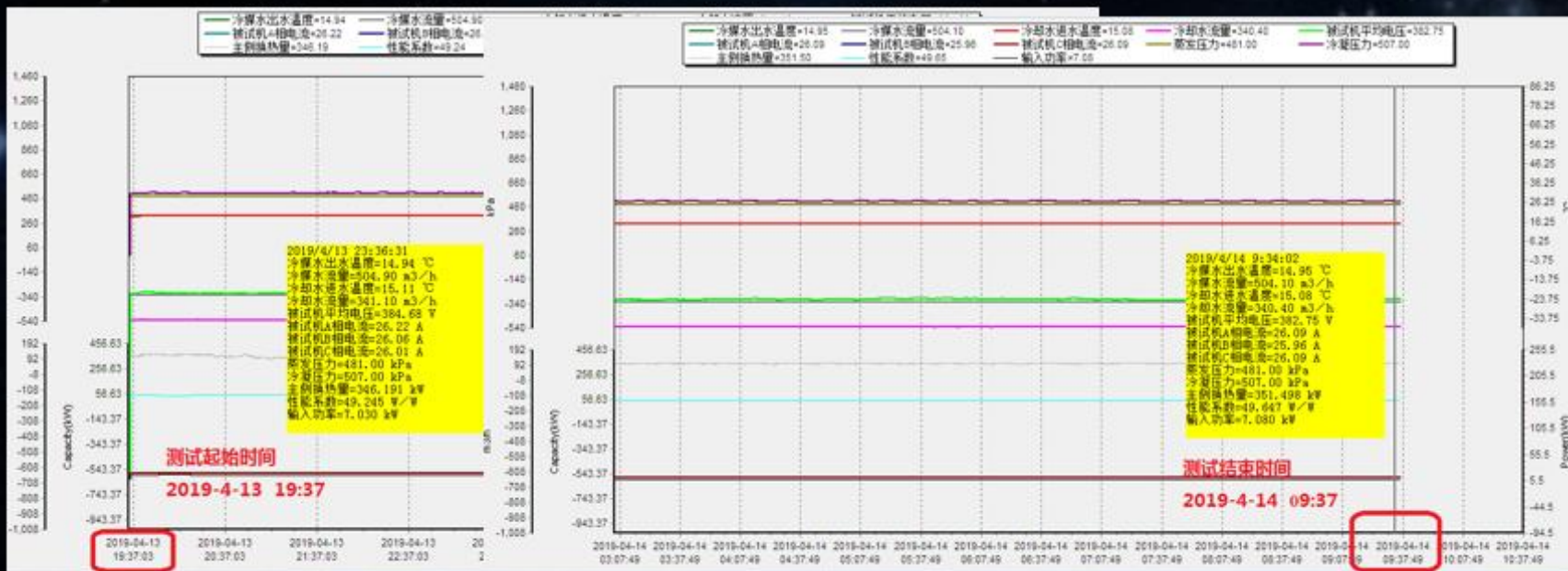
项目	单位	12-12℃ 50%	13-13℃ 50%	14-14℃ 50%	15-15℃ 10%
制冷量	KW	1693.2	1681.5	1703.2	344.9
制冷功率	KW	57.971	56.608	57.975	7.070
性能系数	W/W	29.208	29.705	29.378	48.789
冷水出水温度	℃	11.81	12.74	13.64	14.95
冷却进水温度	℃	12.25	13.12	14.15	15.10

● 机组可在“零温差”下稳定运行，50%负荷下能效比均超过29.0，10%负荷下能效比超过48.0!

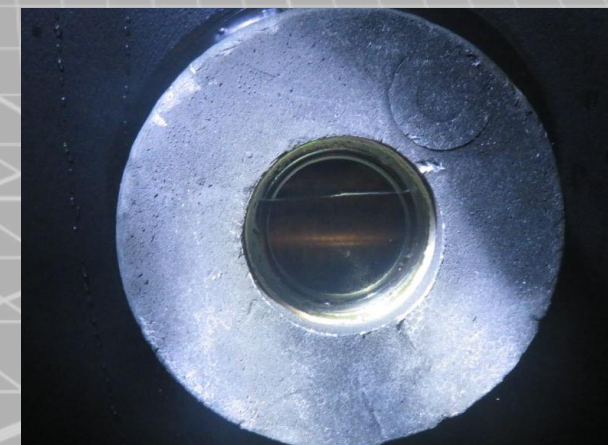
三、测试数据

可靠性试验:

➤ 15-15°C 10%负荷长期运行试验



●在15-15°C, 10%负荷下经14h长期考核运行, 机组各项参数稳定, 曲线平稳



四、测试结论

结论

永磁同步技术可实现超低负载运行，经系统优化可替代板式换热器实现免费制冷

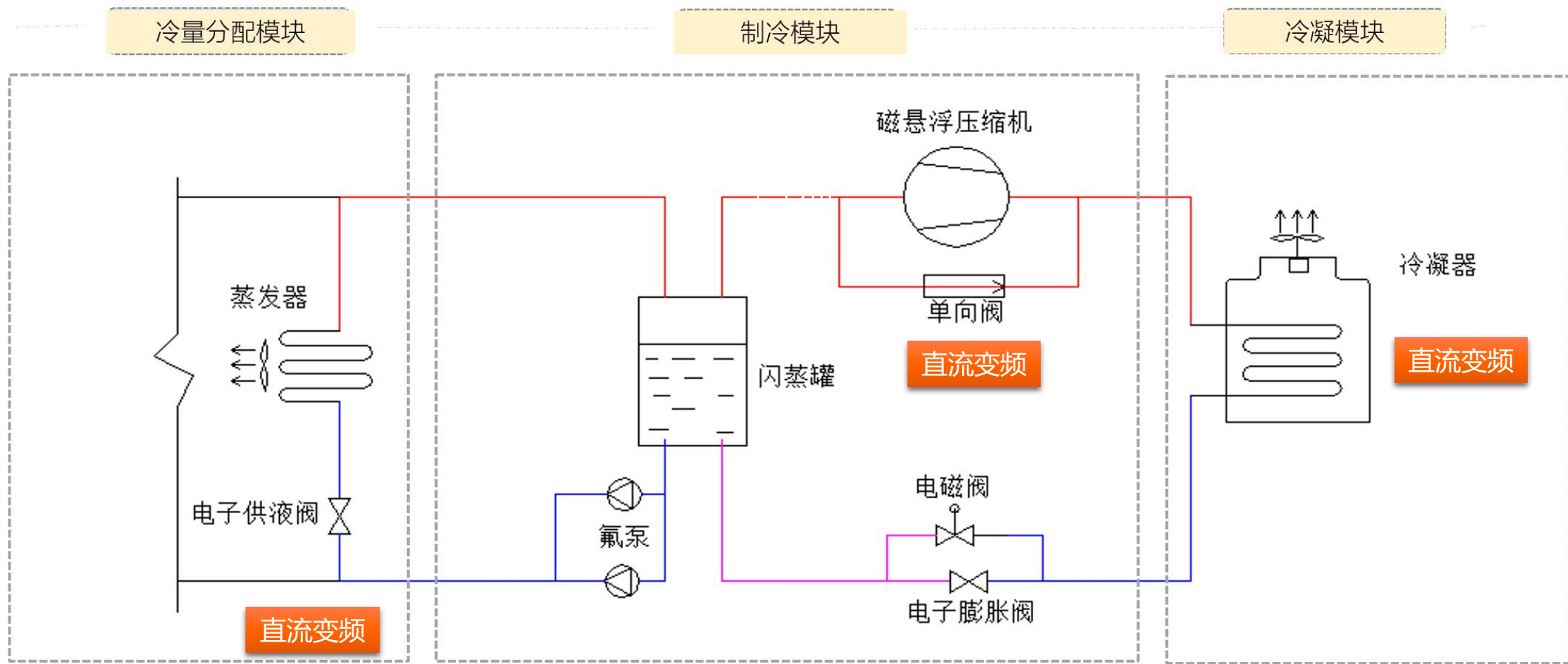
(省略安装免费模式切换阀门及自控系统)

适用场景

- 节能改造
- 老旧机房替换
- 对能效或能耗要求较高的行业

五、应用案例（磁悬浮动力热管系统，比交流全变频水冷节能20%以上）

系统由冷量分配模块、制冷模块、冷凝模块组成



A futuristic, blurred hallway with glowing particles and a central red text overlay. The scene is a perspective view of a long, brightly lit corridor with a grid floor. The walls and ceiling are out of focus, with various glowing blue and yellow particles floating in the air. The overall atmosphere is clean, modern, and high-tech.

谢谢!